



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Determinación de concentraciones de plomo en maíz (*Zea mays*) procedente de la cuenca del río San Juan Chincha

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

José CASO LOMBARDI

ASESOR

Jesús Víctor LIZANO GUTIÉRREZ

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Caso J. Determinación de concentraciones de plomo en maíz (*Zea mays*) procedente de la cuenca del río San Juan Chíncha [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2020.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código ORCID del autor	—
DNI o pasaporte del autor	70499429
Código ORCID del asesor	0000-0003-0322-511X
DNI o pasaporte del asesor	09148490
Grupo de investigación	—
Agencia financiadora	Autofinanciamiento
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	<p>Lugar. Perú, Ica, chincha, chincha alta, Cuenca del río San Juan</p> <p>Coordenadas geográficas. Lima, Perú -13.3771891, -75.8753754</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019
Disciplinas OCDE	<p>Toxicología</p> <p>http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07</p>



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Determinación de las concentraciones de plomo en maíz (*Zea mays*) procedente de la cuenca del río San Juan Chíncha

Que presenta el Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

JOSE CARLOS CASO LOMBARDI

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

CATORCE (14)

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 29 de julio de 2020

Dr. Mesías Moisés García Ortiz

Presidente

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú
Teléfonos: (511) 619-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima 1
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification

N° BR233295



DEDICATORIA

A mis padres, José y Leidi, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de la vida, por enseñarme los valores y mostrarme el camino para poder superar las adversidades que se presenten a lo largo de mi vida.

A mi hijo Thiago Lucca, posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres la razón de que me levante cada día, esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación.

Como en todos mis logros, en este has estado presente.

Muchas gracias hijo.

A la mamá de mi hijo, Jazmín, que me apoyo desde el inicio para poder realizar y terminar este trabajo de tesis y que siempre me mostró su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

*A la Facultad de Farmacia y Bioquímica por permitir mi desarrollo
profesionalmente.*

Al Dr. Víctor Izaguirre por el apoyo brindado en el desarrollo del presente estudio.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos Específicos:.....	4
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1. Maíz (<i>Zea mays</i>)	4
4.2. Taxonomía.....	5
4.3. Descripción botánica.....	6
4.3.1. Raíz	6
4.3.2. Tallo	6
4.3.3. Hojas	6
4.3.4. Flores	6
4.3.5. Fruto y semilla	6
4.4. Estudios sobre beneficios del maíz.....	7
4.5. Contaminantes del maíz	8
4.6. Plomo (Pb).....	9
4.6.1. Límites de Pb	11
4.6.2. Plomo en el organismo humano.....	12
4.6.3. Absorción del plomo.....	15
4.7. Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito	18
4.7.1. Espectroscopia de Absorción Atómica	18
4.7.2. Espectroscopia de Horno de Grafito.....	18
5. METODOLOGÍA.....	21
5.1. Recolección y transporte de muestras	21

5.2. Lugar de ejecución de análisis	21
5.3. Método.....	22
5.4. Reactivos y estándares.....	22
5.5. Equipos y materiales.....	22
5.6. Condiciones Espectroscopia.....	22
5.7. Procedimiento Experimental	23
5.7.1. Preparación de curva de calibración	23
5.7.2. Preparación de solución modificadora de plomo	23
5.7.3. Preparación de la muestra	23
5.7.4. Cuantificación de plomo	26
6. RESULTADOS	27
6.1. Cuantificación de plomo.....	27
6.1.1. Calibración de estándares.....	27
6.1.2. Contenido de plomo en las muestras de maíz.....	28
6.1.3. Análisis estadístico del contenido de plomo por parcela de muestreo.....	29
6.1 4. Análisis estadístico del contenido de plomo por zonas de la parcela	31
7. DISCUSIÓN.....	33
8. CONCLUSIONES.....	43
9. RECOMENDACIONES.....	44
10. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados.....	9
Tabla 2 Fuentes de Contaminación de Plomo.....	11
Tabla 3 Unión Europea: Contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios.....	14
Tabla 4. Rampa de calentamiento del horno grafito.....	23
Tabla 5. Absorbancias obtenidas de la lectura por espectroscopia de horno de grafito de la calibración de estándares.	27
Tabla 6 Concentración de plomo en muestras de maíz (<i>Zea mays</i>) cuantificadas por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito	28
Tabla 7. Resumen estadístico de análisis de PPM.....	29
Tabla 8 Pruebas de Normalidad para Pb (mg/Kg) entre las parcelas.....	30
Tabla 9. Pruebas de Normalidad para Pb (mg/Kg) entre las zonas de las parcelas.....	31
Tabla 10. Resumen de análisis de ANOVA.....	32
Tabla 11. Prueba de Tukey HSD para Pb (mg/Kg) por Zona	32
Tabla 12. Desviación estándar de Pb (mg/Kg) dentro de cada uno de las 5 zonas	32
Tabla 13 Comparación en base a las características morfológicas y las condiciones de cultivo de cada vegetal.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maíz (<i>zea mays</i>).....	7
Figura 2. Representación gráfica de los componentes del espectrofotómetro de masas.....	20
Figura 3. Mapa de la provincia de Chincha (Rio San Juan donde se realizó el muestreo)	21
Figura 4 . Muestras de maíz de análisis homogenizadas y pesadas en un crisol ..	24
Figura 5. Muestras de maíz de análisis recién salidas de la estufa.....	24
Figura 6. Muestras de maíz de análisis pre calcinadas a una temperatura de 350 °C	25
Figura 7. Muestras de maíz de análisis en fioles de 25 mL diluidas con agua ultra pura	25
Figura 8. Filtración de muestras de maíz de análisis por membrana de 0.45µm..	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pb en sangre en niños	15
Gráfico 2. Concentración Vs Absorbancia de los Estándares.....	27
Gráfico 3. Dispersión de los valores de Pb en los 4 terrenos de análisis....	29
Gráfico 4. Representación de prueba de normalidad	30
Gráfico 5. Dispersión de valores de plomo por zonas de las parcelas.....	31
Gráfico 6. Representación gráfica de prueba de normalidad.....	32

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general determinar la concentración de plomo en maíz (*Zea mays*) de cuatro zonas de la cuenca del Rio San Juan en Chincha-Perú. Se utilizaron 20 muestras de maíz (cinco por cada poblado). La concentración de plomo se determinó por el método de espectroscopia de absorción atómica por horno de grafito. Con la estadística descriptiva se determinó la media y desviación estándar. Con la estadística inferencial se determinó el análisis de varianza (ANOVA). Debido a la significancia estadística que se encontró en el análisis de varianza, se realizó la prueba de comparación múltiple de tukey y se observó mejor las diferencias de los promedios. En los resultados obtenidos se encontró un valor mínimo de 0.031 ppm de Pb, un valor máximo de 0.186 ppm de Pb, y una media de 0.108 ppm de Pb. Se determinó la concentración de plomo en el laboratorio de Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental, de las cuales diez de las veinte muestras analizadas (A4, B2, B4, B5, C3, C1, D1, D2, D3, D4 y D5) presentaron valores fuera del límite máximo (NM) permitido. Frente a lo expuesto se concluye que los resultados obtenidos del análisis de plomo (Pb) superan los límites máximos permitidos establecido por el Codex Alimentarius STAN 193-1995 Revisión 2014 (0.1 PPM).

Palabras claves: Maíz (*Zea mays*), rio San Juan, plomo, espectrofotometría de absorción atómica por hornos de grafito, Codex Alimentarius.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz era desconocido por los europeos hasta 1492, según crónicas de los hombres de Colon, lo descubrieron el 6 de noviembre de 1492, cuando exploraron la isla de Cuba, y encontraron un grano que llamaban Ma-Hiz (vocablo Taino). Este era cultivado desde Canadá hasta la Patagonia, constituyendo el alimento básico de las civilizaciones aztecas, mayas e inca. Para muchos autores el nivel cultural de estas civilizaciones no se hubiera alcanzado sin el maíz, ya que desempeñaba un papel predominante en las creencias y ceremonias religiosas como elemento decorativo de cerámicas, tumbas, templos y esculturas, siendo además motivo de leyendas, y tradiciones que resaltan la importancia económica, agrícola y social de su cultivo ⁽¹⁾.

Hoy en día el maíz es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce el ser humano, ya que en torno a él se pueden realizar gran cantidad de preparaciones, así como también pueden obtenerse de él numerosos productos derivados (harinas, aceites, etc.). Subsecuentemente, el maíz es altamente utilizado como alimento de gran parte de los ganados que luego son consumidos o utilizados como productores de alimento, por lo cual su importancia es enorme.

Sin embargo, dada la época en la que vivimos, la globalización, la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y la sociedad debido a que generan problemas en la salud humana y animal ⁽²⁾.

La presencia en un alto porcentaje de metales pesados como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente, contribuye a aumentar los índices de la problemática mencionada.

Estudios recientes informan que hoy en día hay de 400 a 1000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales. El plomo tiene graves efectos en diferentes órganos y en el cerebro afecta al desarrollo y capacidad mental de los niños⁽³⁾.

No obstante, es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de estos metales, por ejemplo (cobre, zinc, hierro, etc.) para varias funciones biológicas. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo^{(4), (5), (6)}. Y realmente lo que hace tóxicos a los metales pesados no son solo sus características químicas, si no las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que se forman⁽⁷⁾. Además, las interacciones entre los metales y los efectos tóxicos pueden complicar las enfermedades. Así por ejemplo el cadmio interfiere con el zinc, cobre, hierro, manganeso y calcio, mientras que el cobre interactúa con el hierro, molibdeno, azufre y zinc, y el plomo con el calcio⁽⁸⁾.

Uno de los principales insumos para la producción del alimento balanceado de la industria avícola y ganadera del país es el consumo del maíz amarillo duro, que en los últimos cinco años lleva un crecimiento consecutivo, según lo informó el Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior (Idexcam) de la Cámara de Comercio de Lima (CCL). Entre los años 2013 y 2017 la demanda de este cereal viene creciendo a una tasa promedio anual de 8%, para el 2018 se calculó un consumo promedio de 2,519,634⁽⁹⁾.

En América Latina y el Caribe, el 75 % de la población vive en las ciudades y se considera que esta cifra aumentará hasta el 83 % en el año 2030. Conforme crecen las ciudades, aumenta la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria de la población urbana con alimentos de calidad

apropiada. Este es el objetivo estratégico fundamental de los proyectos de agricultura urbana ⁽¹⁰⁾.

El análisis de metales pesados se realiza para detectar aquellos elementos químicos que causan efectos negativos en el metabolismo aún en concentraciones bajas incluyendo elementos como el arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, plata, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo de acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) ⁽¹¹⁾.

Es por ello que se hace de suma importancia determinar la concentración de Plomo en el maíz de nuestra ciudad, ya que, al ser un alimento altamente consumido, puede afectar a un gran número de personas.

2. HIPÓTESIS

¿El maíz (*Zea mays*) cosechado en la cuenca del Río San Juan (Chincha), presenta plomo en concentraciones que superan los límites máximos permisibles definidos en el Codex Alimentarius.?

Hipótesis nula (H0)

El maíz (*Zea mays*) cosechado en la cuenca del Río San Juan (Chincha) presenta plomo en concentraciones dentro de los límites máximos permisibles, definidos en el Codex Alimentarius

Hipótesis alternativa (H1)

El maíz (*Zea mays*) cosechado en la cuenca del Río San Juan (Chincha), presenta plomo en concentraciones que superan los límites máximos permisibles definidos en el Codex Alimentarius

3. OBJETIVOS

3.1. **Objetivo General:**

Determinar las concentraciones de plomo en el maíz (*Zea mays*) recolectados de la cuenca del río San Juan – Chíncha y comparar con el límite permisible por el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014.

3.2. **Objetivos Específicos:**

- Diferenciar la concentración de Plomo en maíz (*Zea mays*) de la cuenca del Río San Juan de Chíncha.
- Comparar las concentraciones obtenidas de plomo con el límite máximo permisible según el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. **Maíz (*Zea mays*)**

El maíz es originario de América y no fue conocido por los europeos hasta el momento en que llegaron a este continente y aprendieron que gran parte de la dieta de las sociedades americanas se basaba en su uso. El maíz, junto el trigo y a otros cereales, es uno de los alimentos básicos de toda la humanidad ya que permite la generación de una gran variedad de preparaciones y platos que son tanto accesibles en términos económicos como ricos en energía y nutrientes. La producción del maíz es importante para numerosos países y regiones que generan para consumo interno o que la exportan a aquellas regiones en las que el maíz no puede crecer. ⁽¹²⁾

Hoy en día se produce en todos los continentes excepto Antártida y es altamente valorado debido a que brinda mayor rendimiento que muchos otros granos, por lo tanto, no es costoso. Es uno de los tres cultivos más importantes del mundo, junto con el trigo y arroz. ⁽¹²⁾

En el Perú, se producen diversas variedades de maíz, de diferentes colores, tamaños y sabores como para poder acompañar a diferentes platos o poder prepararlos, pero la alimentación no es por lo único que este recurso es apreciado en el mundo entero debido a la cantidad de productos que derivan de él. Algunos de sus usos más comunes comprenden: fabricación de aceite de cocina, de la hoja seca se hacen fibras para tejer canastas, sombreros, tapetes y adornos, forraje para alimentar ganado, papel para cigarros, biocombustible. ⁽¹²⁾

4.2. Taxonomía

El maíz (*Zea mays*) es una especie de gramínea anual originaria de América. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial superando incluso al trigo y al arroz.

De acuerdo con la clasificación efectuada por OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), en la clasificación para el maíz del hemisferio occidental, los géneros *Zea* y *Tripsacum* son incluidos en la Tribu Maydeae ⁽¹³⁾.

REINO : Plantae
DIVISION : Magnoliophyta
CLASE : Liliopsida
SUBCLASE : Commelinidae
ORDEN : Poales
FAMILIA : Poaceae
SUBFAMILIA: Panicoideae
TRIBU : Andropogoneae
GENERO : *Zea*
ESPECIE : *Zea mays*
Fuente : López

4.3. Descripción botánica

4.3.1. Raíz

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias ⁽¹⁴⁾.

4.3.2. Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal ⁽¹⁴⁾.

4.3.3. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes ⁽¹⁴⁾.

4.3.4. Flores

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se 5 presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral ⁽¹⁴⁾.

4.3.5. Fruto y semilla

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas

están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste en tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (14).



Figura 1. Maíz (*zea mays*) (15)

4.4. Estudios sobre beneficios del maíz

El maíz es una buena fuente de fibra por lo que se aconseja su uso en caso de estreñimiento y para combatir el colesterol elevado y los triglicéridos. Contiene vitamina B1 o tiamina muy buena para el metabolismo energético, vitamina B2 o riboflavina, vitamina B3 o niacina, vitamina B9 o ácido fólico, pro vitamina A o caroteno y la vitamina E (12).

Con el germen de maíz se produce un aceite muy puro, que es recomendado a quienes tienen problemas con el colesterol (12).

Tomar la infusión de las barbas de maíz es bueno para aumentar la diuresis o eliminación de líquidos del cuerpo que ayuda en problemas de sobre peso, hipertensión, para prevenir o disolver cálculos renales, cálculos biliares, cistitis, nefritis o inflamación del riñón, edemas, insuficiencia renal y síndrome pre menstrual entre otros problemas. Es utilizado como un buen antioxidante, también contiene abundante almidón es bueno para combatir la diabetes y la obesidad ⁽¹²⁾.

4.5. Contaminantes del maíz

Según la tabla periódica, un metal pesado es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas.

Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) (16)·(17)·

En general se considera que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso pueden conducir a problemas de salud. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados, algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas.

(18)

El siguiente cuadro muestra las posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados.

Tabla 1

Fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados ⁽¹⁹⁾.

ORIGEN DE CONTAMINACIÓN	METAL PESADO INVOLUCRADO
Natural, proviene del suelo	Cadmio, bromo, flúor, cobre
Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos	Arsénico, cobre, plomo, mercurio
Del suelo arenoso y envase de vidrio	Silicio
Por el equipo de procesamiento	Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc
Debido a almacenamiento	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio
Por oxidación en el envase	Hierro y cobre
Debido al procesamiento	Cobre, cadmio, arsénico
Suplementos alimenticios en dietas animales	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico

La contaminación del suelo por metales pesados es uno de los problemas actuales más recurrentes y de mayor importancia a nivel internacional. El empleo de estos elementos en actividades industriales, mineras, agrícolas y domésticas ha incrementado la infertilidad y degradación de los suelos, afectando la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de muchos países a nivel mundial ⁽²⁰⁾.

4.6. Plomo (Pb)

El Plomo es uno de los metales pesados más tóxicos debido a su alta densidad (11.3g/cm), su bajo punto de fusión (327°C) y su alto punto de ebullición (1749 °C), es un elemento metálico blando, dúctil y maleable, de gran utilidad para el hombre.

El plomo fundido a temperaturas alrededor de los 500°C, emite vapores tóxicos, que al entrar en vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolos pulmonares ⁽²¹⁾.

La absorción de plomo es un grave riesgo de salud pública; provoca retraso mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y

enfermedades cardiovasculares en adultos. La intoxicación se debe a la ingesta accidental de compuestos de plomo o por la ingesta por parte de los animales de forrajes o alimentos con plomo, procedentes de áreas ambientalmente contaminadas ⁽²²⁾.

Las principales fuentes contaminantes de plomo son los residuos y subproductos de la industria metalúrgica, química, farmacéutica y petroquímica. Sin embargo, se puede encontrar naturalmente como galena (PbS), cerusita (PbCO_3) y anglesita (PbSO_4) en los suelos agrícolas, presentando niveles entre 2 a 300 mg ⁽²³⁾.

Una vez absorbido por las raíces de las plantas, el plomo causa efectos fitotóxicos según la concentración, forma química y su disponibilidad en el suelo, que a su vez depende de sus características químicas y físicas como el pH, humedad, salinidad, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica ⁽²⁴⁾.

Tabla 2

Fuentes de Contaminación de Plomo ⁽²⁵⁾

FUENTES DE INDUSTRIA	HABITOS Y NUTRICION	AGUA POTABLE	OBJETOS DOMESTICOS
Baterías plomo-ácido, materiales de plomería, cables de revestimiento, pinturas, esmaltes y municiones, gasolina y sus aditivos, exposición ocupacional.	Fumadores activos Alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados (como minas o fundiciones)	Sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, soldaduras, accesorios o agua en contacto con Pb por largo tiempo	Juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos, pintura de las paredes de casas antiguas y polvo

4.6.1. Límites de Pb

Ningún nivel de concentración de plomo en sangre es considerado libre de algún tipo de riesgo, a mayor nivel de exposición, mayor es la gravedad y diversidad de efectos y síntomas asociados a la persona.

Según la “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo” el Perú, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, y su modificatoria la Resolución Ministerial N° 400-2017/ MINSA, las cuales tienen como referencia a la OMS y a la OPS parámetros internacionales, señalan que las concentraciones de plomo en sangre aceptadas son:

- En niños y gestantes menor de 10 µg/dL.
- Adultos no expuestos ocupacionalmente hasta 20 µg/dL.
- Adultos expuestos ocupacionalmente hasta 40 µg/dL.

El Centro de Prevención y Control de Enfermedades (CDC) recomienda una intervención médica cuando los niveles de plomo son mayores de 5 µg/dL en niños y 10µg/dL en adultos.

4.6.2. Plomo en el organismo humano

El plomo es un metal que se ha usado extensamente desde la antigüedad, por lo que se le puede encontrar en la mayoría de personas. Este metal afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo, pero los umbrales de sus efectos tóxicos varían en diferentes individuos. Los niños generalmente absorben una mayor proporción del plomo y con un efecto más severo que los adultos, porque están en un proceso activo de desarrollo y por ciertas características fisiológicas, patológicas y de conducta. Los servicios de salud pública pueden identificar áreas en que la población tiene un riesgo mayor de intoxicación con plomo y establecer condiciones para el despistaje, identificación temprana y tratamiento de las personas afectadas. La determinación de plomo en sangre venosa es la prueba más sensible de exposición al plomo. Se recomienda que los niveles en sangre se mantengan debajo de 10 µg/dL ⁽²⁶⁾.

Los efectos agudos en el sistema nervioso central consisten en parestesia, dolor y debilidad muscular, crisis hemolítica-anemia grave y hemoglobinuria. Aunque la intoxicación aguda puede causar la muerte, es más frecuente que el paciente se recupere y presente intoxicación crónica con daño gastrointestinal, neuromuscular, nervioso, hematológico, renal y reproductivo ^{(25) (27)}.

A nivel gastrointestinal hay anorexia, cefalea, estreñimiento, espasmo intestinal y dolor abdominal. Los síntomas neuromusculares presentan debilidad muscular, cansancio seguida de parálisis de los músculos del antebrazo, muñeca y dedos de la mano ⁽²⁸⁾.

Los primeros síntomas de encefalopatía en niños son letargo, vómitos, irritabilidad, pérdida de apetito y mareos, que avanzan hasta desembocar en ataxia, reducción de la conciencia provocando finalmente coma y muerte. La tasa de mortalidad debido a plomo es

alta aproximadamente 25%, muchos de los pacientes que se recuperan quedan con secuelas entre ellas retraso mental, convulsiones y atrofia óptica. La exposición al plomo se ha asociado con esterilidad y muerte neonatal en personas, en animales se ha demostrado el efecto tóxico sobre los gametos y aumento de la concentración del plomo en sangre materna, que reduce la duración del tiempo de gestación y el peso del nacimiento de las crías ⁽²⁹⁾.

El plomo y sus compuestos están clasificados en el grupo 2B, probablemente cancerígenos para el hombre Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

El Perú es uno de los cinco mayores productores de plomo en el mundo, con un volumen de exportación que continúa aumentando. Las minas de las que se extrae plomo, las fundiciones y sus alrededores naturalmente sufren una mayor contaminación. A los servicios de salud pública y a los profesionales les corresponde un papel activo en la educación de políticos, empresarios y del público en general, para así disminuir la posibilidad de efectos adversos asociados con la presencia, uso y comercio de este metal ⁽²⁶⁾. Por todo lo expuesto, La Comisión conjunta FAO/OMS del Codex Alimentarius, propone limitar en los alimentos los niveles máximos para plomo, mercurio, cadmio y otros metales pesados. En la Unión Europea, estas recomendaciones son de obligado cumplimiento desde el 5 de abril de 2002, fecha de entrada en vigor del Reglamento (CE) 466/2001.

Tabla 3.

Unión Europea: Contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios.

Producto	Contenido máximo (mg/kg peso fresco)
1.1 Leche cruda ⁽²⁾ , leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos.	0,020
1.2 Preparados para lactantes y preparados de continuación. Comercializados en polvo. Comercializados líquidos.	0,050
1.3 Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para niños de corta edad ⁽⁴⁾ distintos de los indicadores en 1.5	0,010
1.4 Alimentos para usos médicos especiales destinados específicamente lactantes y niños de corta edad ⁽¹⁵⁾ Comercializados en olivos. Comercializados líquidos.	0,050
1.5 Bebidas para lactantes y niños de corta edad vendidas como tales distintas de las mencionadas en 1.2 y 1.4.	0,010
Comercializadas líquidas y para ser reconstruidas siguiendo las instrucciones del fabricante, incluidos los zumos de frutas. Para ser preparados mediante infusión o decocción.	0,030 1,50
1.6 Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral ⁽²⁾	0,10
1.7 Despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral ⁽²⁾	0,50
1.8 Carne de pescado ^{(5) (6)}	0,30
1.9 Cefalópodos	0,30
1.10 Crustáceos	0,50
1.11 Moluscos bivalvos	1,50
1.11 Moluscos bivalvos	0,20
1.12 Cereales y legumbres secas	1,50
1.13 Hortalizas, excluidas las de hoja del género Brassica, salifies, hortalizas de hoja excluidas las hierbas frescas, setas y algas marinas y hortalizas de fruto ⁽⁸⁾	0,10
1.15 Hortalizas de fruto	0,50
Maíz dulce ⁽⁸⁾	0,30

Distintas del maíz dulce ⁽⁸⁾	0,30
1.16 Frutas excluidos los arándanos las grosellas las bavas de sau7co y los	0,50

4.6.3. Absorción del plomo

La absorción del plomo depende del estado de salud, nutrición y edad de la persona. Los adultos generalmente absorben 20% del plomo que ingieren y casi todo ese plomo es inhalado. La mayor parte del plomo que ingresa al cuerpo es excretada por la orina o a través de la bilis por las heces ⁽²⁶⁾.

Comparado con los adultos, los niños absorben más el plomo que ingieren, mientras menos edad tiene, el intestino absorbe más plomo, 5 a 10 veces, que niños mayores y los adultos, especialmente con el estómago vacío. La absorción intestinal de plomo en niños aumenta en casos de deficiencia de hierro, calcio y zinc, que son condiciones comunes ⁽²⁶⁾.

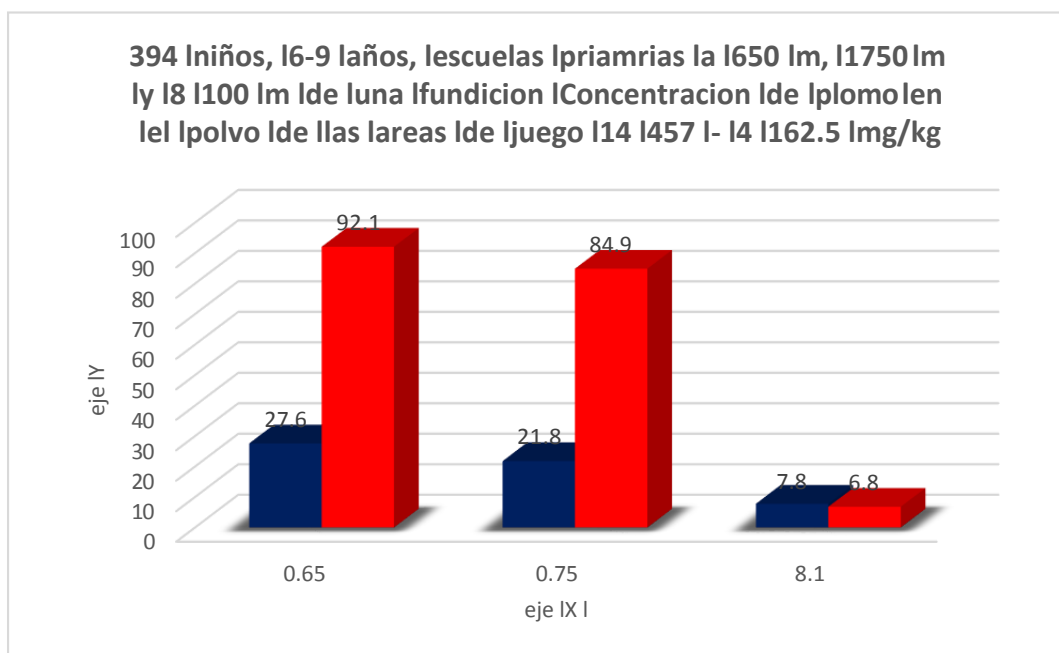


Gráfico 1. Pb en sangre en niños ⁽²⁶⁾

Dado que el maíz es uno de los alimentos básicos para nuestra comunidad y es utilizado como gran fuente de alimento y energía para distintas poblaciones, y por todo lo anteriormente expuesto consideramos de suma importancia cuantificar cualquier elemento extraño que pudiera afectar la integridad de este, sea directa o indirectamente así podemos velar por la salud de nuestra población.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dio a conocer mediante el Informe Técnico Perú: Panorama Económico Departamental, elaborado con información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), que; en el último mes del año 2017, la producción de maíz totalizó 108 mil 739 toneladas, cifra que significó un incremento de 37,4% al compararlo con igual mes de 2016

(30).

La contaminación del suelo provoca una reacción en cadena. Altera la biodiversidad del suelo, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro. También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Entre los contaminantes del suelo más comunes se encuentran los metales pesados, los contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como los productos farmacéuticos y los destinados al cuidado personal ⁽³¹⁾.

La contaminación del suelo por metales pesados es uno de los problemas actuales más recurrentes y de mayor importancia a nivel internacional. El empleo de estos elementos en actividades industriales, mineras, agrícolas y domésticas ha incrementado la infertilidad y degradación de los suelos, afectando la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de muchos países a nivel mundial ⁽³¹⁾.

La toxicidad de metales como el plomo, y su presencia en los alimentos, es un hecho ante el que nos encontramos diariamente. El problema de la intoxicación alimentaria por los metales pesados está muy relacionado a la ingesta continua, regular y a las cantidades ingeridas, por este motivo, resulta importante la determinación de estos metales pesados dado la influencia que estos elementos puedan ejercer en la fisiología humana, y el conocimiento de sus concentraciones nos permitirá saber los efectos en la salud que pudieran ocasionar en la población. ⁽³²⁾

La absorción de plomo se realiza por tres vías: respiratoria (por el aire), oral (con los alimentos) y cutánea (por contacto). Se deposita en riñón, hígado, bazo, médula ósea, cerebro, pulmones y sobre todo en el hueso. Los órganos o sistemas más afectados son: Digestivo; ribete negro de las encías, pérdida de apetito, dolor, cólico abdominal, dolor de estómago y estreñimiento. Nervioso; cansancio y calambres. Si la intoxicación perdura pueden existir parálisis y alteraciones psíquicas. Riñón; insuficiencia renal. Sangre: Anemia ⁽³³⁾.

La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. El plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. (Reglamento CE n° 466/2001, 2001)

La ingestión de plomo más importante puede provenir de alimentos contaminados como resultado de:

- Movilización del plomo desde fuentes naturales.
- Depósito de partículas suspendidas en el aire en cultivos agrícolas o en alimentos preparados en la vía pública en áreas de gran tráfico vehicular.
- La cosecha, procesamiento, transporte, empaque, preparación y almacenamiento de alimentos.

El plomo puede ocasionar daño a concentraciones bajas, los niños son más sensibles que los adultos a sus efectos. En diversos estudios se ha utilizado la medición del coeficiente intelectual con la finalidad de probar el efecto del plomo en el desempeño neuroconductual. Otro grupo de estudios ha encontrado efectos del plomo sobre la sensibilidad auditiva, el equilibrio y la habilidad motora⁽¹⁹⁾.

Por lo expuesto, al ser el maíz uno de los principales alimentos y a la vez principal producto agrícola de los centros poblados que se encuentran en esta cuenca, creemos que es necesaria la cuantificación de plomo en el maíz que se produce en esa zona, para determinar el riesgo de su ingesta en las personas que lo consumen y evitar posibles riesgos en la salud de los pobladores que la consume.

4.7. Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

4.7.1. Espectroscopia de Absorción Atómica

Este método convierte elementos presentes en una muestra en átomos o iones elementales en estado gaseoso por medio de un proceso denominado atomización. Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la aplicación de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electrotérmica en horno de grafito ⁽³⁴⁾.

4.7.2. Espectroscopia de Horno de Grafito

La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa.

El principio del método se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica de cada elemento. Se mide la atenuación de

la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente. El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas: Secado. Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente.

La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz calcinada. El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados. Atomización.

En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento. Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias ⁽³⁵⁾.

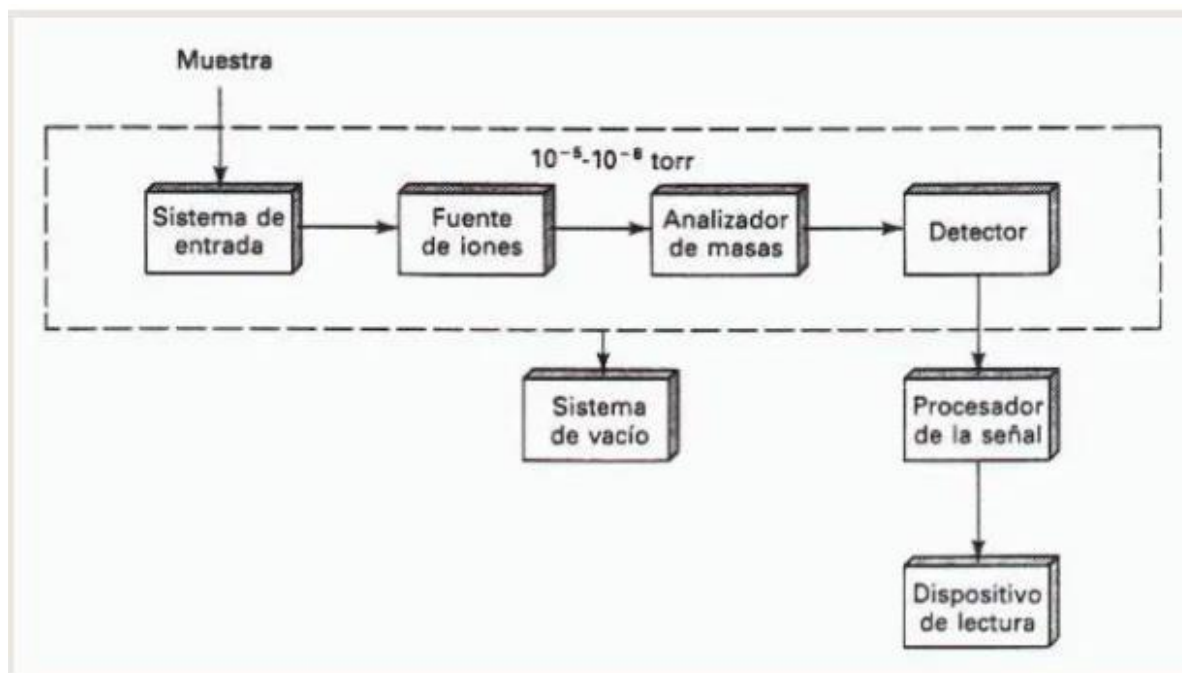


Figura 2. Representación gráfica de los componentes del espectrofotómetro de masas ⁽³⁶⁾

5. METODOLOGÍA

5.1. Recolección y transporte de muestras

Se tomaron 20 muestras del maíz cosechado en 4 poblados de la cuenca del río San Juan – Chíncha (5 muestras por poblado), en el periodo comprendido de enero a mayo del 2019. Los poblados de los cuales se tomaron las muestras fueron los siguientes:

- Poblado Caserío Longar
- Poblado Bocatoma la Mochica Antigua
- Poblado Chanchajalla
- Poblado Tepro Alto San Martín



Figura 3. Mapa de la provincia de Chíncha (Río San Juan donde se realizó el muestreo)

5.2. Lugar de ejecución de análisis

CICOTOX Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental.

5.3. Método

Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

5.4. Reactivos y estándares

- Ácido clorhídrico 35 – 37%. Solubilidad.
- Solución patrón de plomo de 1000 mg/L.
- Solución modificadora de matriz ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) al 10%.
- Nitrato de magnesio.
- Gas argón UHP.
- Agua ultra pura.

5.5. Equipos y materiales

- Equipo de Absorción atómica Thermo Scientific Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Horno de Grafito.
- Balanza analítica Marca SARTORIUS Modelo: PRACTUM 224-1S
- Mufla eléctrica Horno de Mufla 1600 °C LMF-I10 Marca Labtron
- Plancha de calentamiento Marca Reles
- Micropipetas 1000µL Marca Merck micropipeta transferpette s, 1000µl, pqx1 tipo fix
- Viales de polipropileno de 1.5mL Marca Fisherbrand™
- Fiolas de 10, 25 y 100mL Marca Lab Class ®

5.6. Condiciones Espectroscopia

- Longitud de onda: 217,0 nm
- Ranura (Slit): 1 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 10 mA
- Tubo de grafito: Normal
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Plomo

Tabla 4.

Rampa de calentamiento del horno grafito

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo	Rampa	Gas flujo
1	105	18.0	60	0.1L/min
2	400	5.0	150	0.1L/min
3	400	0.5	50	Apagado
4	1800	2.0	0	Apagado
5	2600	4.0	0	0.1L/min

5.7. Procedimiento Experimental

5.7.1. Preparación de curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:

A partir de una solución stock de 1000ppm de plomo se tomó 1mL y se preparó una solución de 1000ppb con agua ultrapura en una fiola de 100mL. Luego se tomó 1mL de la solución de 1000ppb y se preparó una solución de 100ppb en fiola de 100mL. Finalmente se tomaron 0.2, 0.5, 1, 2 y 4mL para preparar soluciones de 2, 5, 10, 20 y 40 ppb en fioles de 10mL. Luego se lleva a volumen con agua ultrapura.

5.7.2. Preparación de solución modificadora de plomo

Se adicionó 2mL de fosfato de amonio 10% en una fiola de 100mL y se llevó a volumen con agua ultra pura y se homogenizó.

5.7.3. Preparación de la muestra

Se mezcló la muestra hasta homogeneidad, se pesó 8 gramos y se transfirió a un crisol. Luego se agregó 3 mL de nitrato Plomo de magnesio al 50% P/V.



Figura 4 . Muestras de maíz de análisis homogenizadas y pesadas en un crisol

Luego se colocó los crisoles en una estufa y se procedió a secar a una temperatura de 105°C por 3 horas.



Figura 5. Muestras de maíz de análisis recién salidas de la estufa

Seguidamente se colocó los crisoles en una plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar la pre calcinación.



Figura 6. Muestras de maíz de análisis pre calcinadas a una temperatura de 350 °C.

Luego se llevó las muestras pre calcinadas en una mufla y se procedió a calcinar a una temperatura de 500°C por 3 horas.

Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se adicionó 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6 M.

Se procedió a calentar la muestra en una plancha termostática por 5 minutos, luego se transfirió cuantitativamente a una fiola de 25 mL y se diluyó con agua ultra pura, se agitó y se dejó reposar.



Figura 7. Muestras de maíz de análisis en fiolas de 25 mL diluidas con agua ultra pura.

Luego se filtró un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45µm y se procedió a realizar las lecturas.

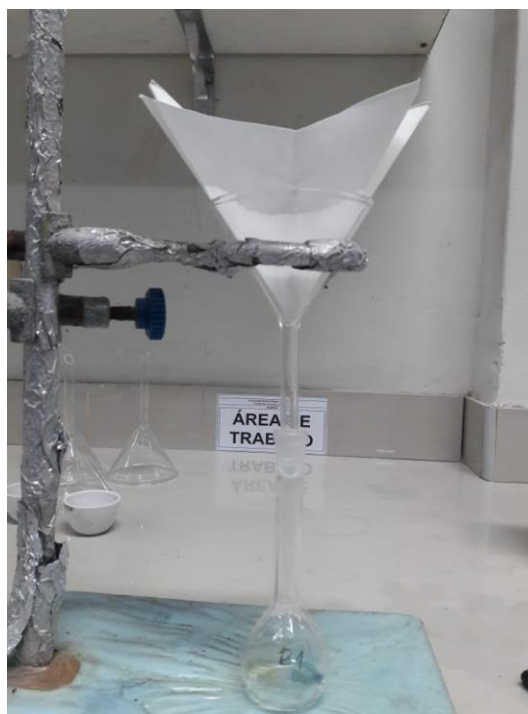


Figura 8. Filtración de muestras de maíz de análisis por membrana de $0.45\mu\text{m}$

5.7.4. Cuantificación de plomo

Se tomó una alícuota de $500\mu\text{L}$ de solución modificadora de plomo y $500\mu\text{L}$ de blancos, estándares y muestras en un vial de polipropileno, y luego se homogenizó.

Se colocaron los viales en el auto muestreador del horno de grafito y se leyó bajo las condiciones espectrofotométricas.

Volumen de muestra	: $20\mu\text{L}$
Longitud de onda	: 217.0 nm
Pre tratamiento	: Digestión vía seca

6. RESULTADOS

6.1. Cuantificación de plomo

6.1.1. Calibración de estándares

Tabla 5.

Absorbancias obtenidas de la lectura por espectroscopia de horno de grafito de la calibración de estándares.

Nombre	Concentración µg/L (ppb)	Absorbancia
Blanco	0	0.004
Estándar 1	50	0.021
Estándar 2	100	0.035
Estándar 3	200	0.059
Estándar 4	300	0.085

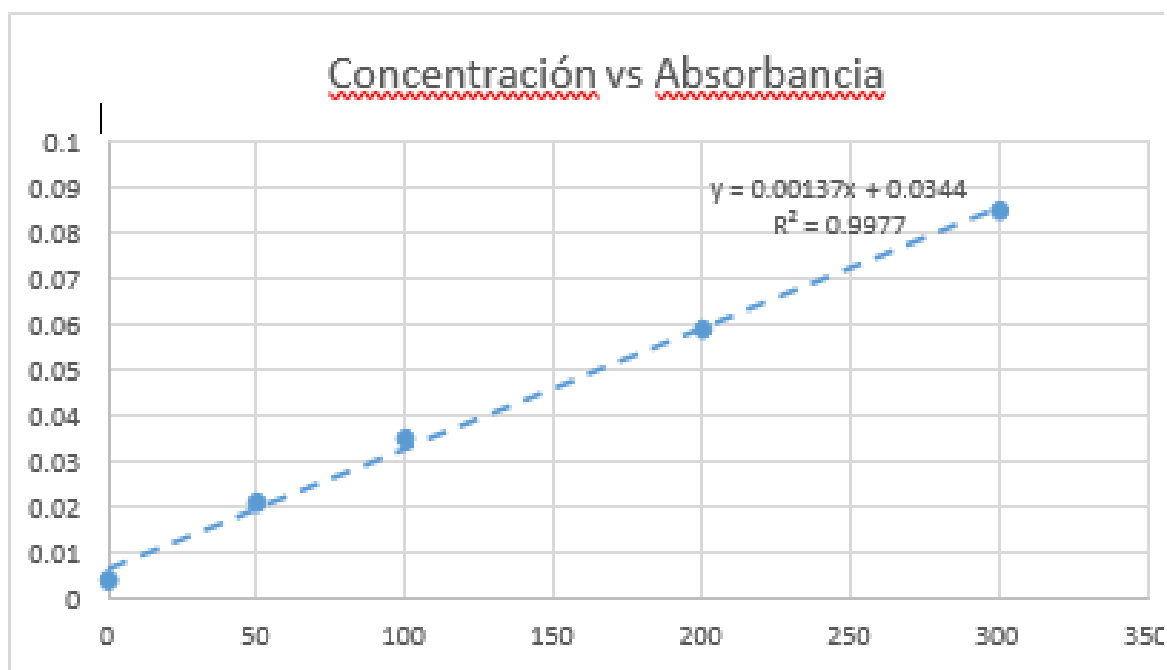


Gráfico 2. Concentración Vs Absorbancia de los Estándares

6.1.2. Contenido de plomo en las muestras de maíz

Tabla 6

Concentración de plomo en muestras de maíz (*Zea mays*) cuantificadas por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

N°	Muestras Codificadas	Resultado (ppm)
1	Maíz de choclo (Código: A1)	0.074
2	Maíz de choclo (Código: A2)	0.072
3	Maíz de choclo (Código: A3)	0.061
4	Maíz de choclo (Código: A4)	0.114
5	Maíz de choclo (Código: A5)	0.091
6	Maíz de choclo (Código: B1)	0.078
7	Maíz de choclo (Código: B2)	0.162
8	Maíz de choclo (Código: B3)	0.066
9	Maíz de choclo (Código: B4)	0.126
10	Maíz de choclo (Código: B5)	0.109
11	Maíz de choclo (Código: C1)	0.054
12	Maíz de choclo (Código: C2)	0.084
13	Maíz de choclo (Código: C3)	0.107
14	Maíz de choclo (Código: C4)	0.031
15	Maíz de choclo (Código:C5)	0.096
16	Maíz de choclo (Código:D1)	0.174
17	Maíz de choclo (Código:D2)	0.108
18	Maíz de choclo (Código:D3)	0.162
19	Maíz de choclo (Código:D4)	0.132
20	Maíz de choclo (Código:D5)	0.186

6.1.3. Análisis estadístico del contenido de plomo por parcela de muestreo

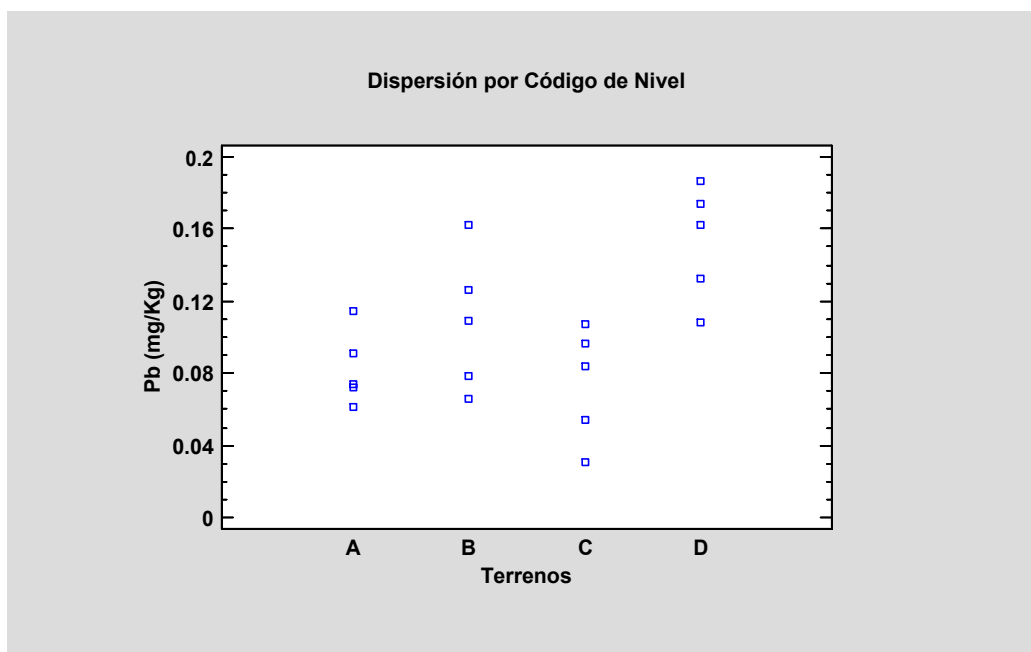


Gráfico 3. Dispersión de los valores de Pb en los 4 terrenos de análisis.

Tabla 7.

Resumen estadístico de análisis de PPM

Terrenos	Nitrógeno	Concentración PB PPM	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
A	5	0.0824	0.0206712	25.087%
B	5	0.1082	0.0384213	35.509%
C	5	0.0744	0.0313097	42.083%
D	5	0.1524	0.0319186	20.944%
Total	20	0.10435	0.0423783	40.612%

Tabla 8.

Pruebas de Normalidad para Pb (mg/Kg) entre las parcelas

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.961336	0.574219

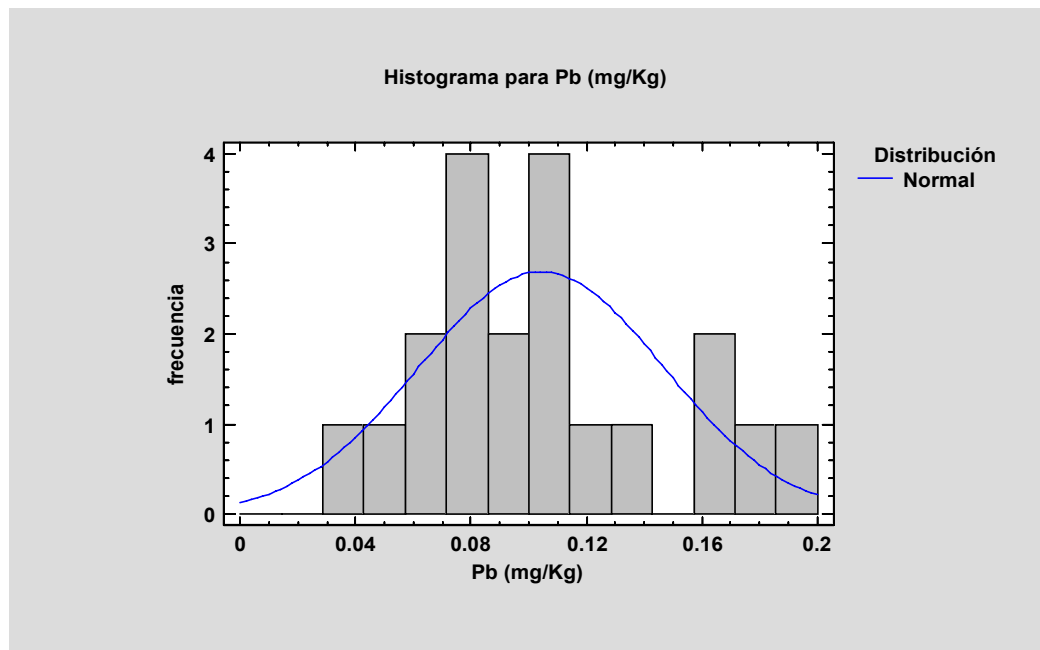


Gráfico 4. Representación de prueba de normalidad

6.1.4. Análisis estadístico del contenido de plomo por zonas de la parcela

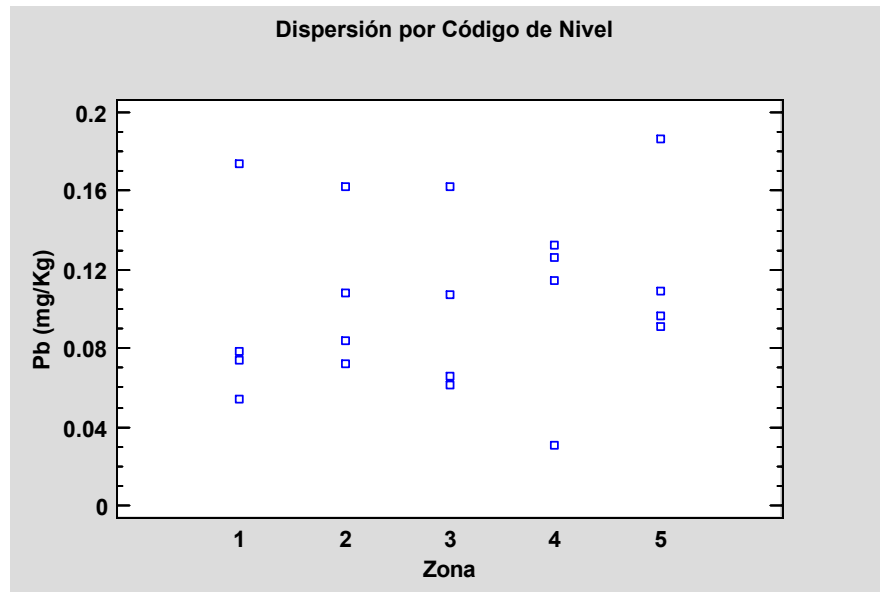


Gráfico 5. Dispersión de valores de plomo por zonas de las parcelas.

Tabla 9.

Pruebas de Normalidad para Pb (mg/Kg) entre las zonas de las parcelas.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.961336	0.574219

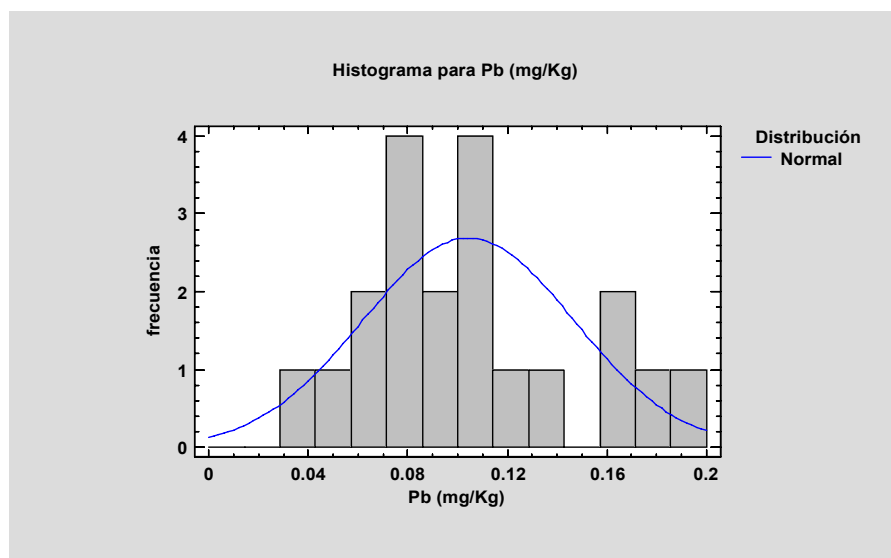


Gráfico 6. Representación gráfica de prueba de normalidad

Tabla 10.

Resumen de análisis de ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0015778	4	0.00039445	0.18	0.9443
Intra grupos	0.0325448	15	0.00216965		
Total (Corr.)	0.0341225	19			

Tabla 11.

Prueba de Tukey HSD para Pb (mg/Kg) por Zona

Zona	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	4	0.095	X
3	4	0.099	X
4	4	0.10075	X
2	4	0.1065	X
5	4	0.1205	X

Tabla 12.

Desviación estándar de Pb (mg/Kg) dentro de cada uno de las 5 zonas

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
1 / 2	0.0537029	0.0399124	1.81042	0.6380
1 / 3	0.0537029	0.0467832	1.3177	0.8260
1 / 4	0.0537029	0.0470983	1.30012	0.8343
1 / 5	0.0537029	0.0443208	1.46818	0.7599
2 / 3	0.0399124	0.0467832	0.72784	0.8003
2 / 4	0.0399124	0.0470983	0.718134	0.7921
2 / 5	0.0399124	0.0443208	0.810962	0.8673
3 / 4	0.0467832	0.0470983	0.986664	0.9915

3 / 5	0.0467832	0.0443208	1.1142	0.9313
4 / 5	0.0470983	0.0443208	1.12926	0.9228

7. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación plantea la necesidad de cuantificar la concentración de plomo en maíz (*Zea mays*) en cuatro de los poblados aledaños al Río San Juan en Chíncha-Perú, ya que “el Pb es uno de los metales pesados que ha causado mayor preocupación en cuanto a los efectos adversos en la salud humana, ya que se transfiere fácilmente a través de las cadenas alimentarias, constituyendo una de las principales amenazas para la salud humana. La amplia distribución de metales pesados en el ambiente se debe principalmente a dos orígenes: las actividades humanas y los antecedentes geológicos” ⁽¹³⁾.

Como punto de inicio del estudio, se realizó la recolección de las muestras de maíz (*Zea mays*), se tomaron 20 muestras de maíz cosechado en el periodo comprendido entre enero y mayo del 2019 de las zonas del poblado del Caserío Longar, poblado Bocatoma la Mochica Antigua, poblado Chanchajalia y poblado Tepro Alto San Martín (5 muestras por poblado). Los suelos de estos poblados se destacaron por los cultivos herbáceos en regadíos del maíz. El río San Juan a través de sus acequias y ramales riega toda esta zona.

De cada parcela se tomó 5 muestras de maíz al azar. El fruto vegetal fue lavado con agua destilada para eliminar restos de suelo y polvo. Se utilizó agua destilada para evitar una posible contaminación cruzada y afecte los resultados del análisis.

La lectura de plomo se realizó mediante el método de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito. Este método se basa “en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico” ⁽³⁵⁾. La longitud de onda que se utilizó fue de 217 nm la cual fue idónea para la determinación de este metal pesado, ya que este método presenta un límite de detección de partes por billón (ppb).

En la tabla 7 se muestran las concentraciones de este metal pesado (Pb), observándose que la muestra de la parcela C mostraron un valor mínimo de 0.031 ppm de Pb; mientras que las muestras de la parcela D presentó un valor máximo de 0.186 ppm de Pb. Además, las muestras analizadas presentaron una desviación estándar no mayor a 0.038, mostrando alta precisión entre sus valores.

Se determinó la concentración de plomo en la investigación, de las cuales diez de las veinte muestras analizadas (A4, B2, B4, B5, C3, C1, D1, D2, D3, D4 y D5) presentaron valores fuera del límite máximo (NM) permitido por el Codex Alimentarius STAN 193-1995 Revisión 2014 (0.1 mg/kg) (ver *tabla 5*).

En general, se destacó la presencia de plomo en casi la mitad de las muestras de maíz recolectadas, lo cual nos permite deducir que el agua del río San Juan – Chíncha presentó contaminación por este metal pesado. Además, los posibles pesticidas usados o la actividad del hombre han podido generar impacto en la concentración de Pb presente en la muestra de análisis, ya que “la región presenta una importante actividad minera, a partir de metales como el plomo, plata, cobre, hierro y zinc” ⁽⁴⁵⁾. Además, el río San Juan presenta sus nacientes en las montañas de las regiones Huancavelica y Ayacucho, las cuales, son departamentos con actividad minera ⁽³⁷⁾.

Para determinar el comportamiento de los resultados obtenidos de la determinación de plomo en maíz (*Zea mays*). Los resultados obtenidos se sometieron a una evaluación estadística. Con ayuda del análisis de varianza (ANOVA) se realizó la comparación de contenido de plomo por parcelas.

Antes de aplicar la prueba de ANOVA, se verificó la normalidad de los datos, con la prueba de Shapiro-Wilk que es menos conservadora respecto a otras pruebas de normalidad ⁽⁴⁶⁾, para ello se realizó dos hipótesis: nula (distribución de plomo en maíz es normal) y alternativa (distribución de plomo

en maíz no es normal). Todos los valores menores o iguales a 0.05 nos hacía rechazar la hipótesis nula, mientras que los valores mayores a 0.05 nos hacía aceptar la hipótesis nula. En la (tabla 8) se observó que el valor-P es mayor a 0.05 y se aceptó la hipótesis nula. Se pudo inferir que los valores de Pb (mg/Kg) provinieron de una distribución normal con 96% de intervalo de confianza (*Ver Gráfico 3*); por lo tanto, se puede asumir que cumple el supuesto de normalidad y que se puede proceder a analizar los datos con estadística paramétrica.

Por otro lado, el análisis de varianza ANOVA, se utiliza para decidir si las diferencias que se encuentra en nuestros datos, en la variable dependiente, una vez que se han aplicado los niveles de la variable independiente, pueden ser atribuidas, con el margen de error delimitado por el nivel de significación, al efecto de dicha variable independiente, o al efecto de factores aleatorios o azarosos ⁽³⁸⁾.

Para la interpretación de los valores que se obtuvieron en la prueba ANOVA, se realizó dos hipótesis: nula (no existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de plomo en las muestras de maíz (*Zea maíz*) evaluadas) y alternativa (existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de plomo en las muestras de maíz (*Zea maíz*) evaluadas). Así como el caso anterior, todos los valores menores o iguales a 0.05 rechazaba la hipótesis nula, mientras que los valores mayores a 0.05 aceptaba la hipótesis nula. En el (Anexo 1) se observó que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05 rechazándose la hipótesis nula, lo cual indicó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pb (mg/Kg) entre las parcelas ($p < 0,05$). Esto significó que, los contenidos de Pb en el maíz no fueron iguales para todas las parcelas analizadas.

Se pudo inferir que los contenidos de Pb varían al menos en una de las parcelas.

Debido a la significancia estadística que se encontró en el análisis de varianza, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey y se observó mejor las diferencias de los promedios.

La prueba de Tukey HSD ($p < 0,05$) (ver Anexo 2) evidenció que el contenido de Pb de la parcela D difirió de los demás y presentó mayor contenido de Pb seguido por la parcela B. El contenido de Pb entre las parcelas A y C no presentó diferencia significativa y fueron los que tuvieron el menor contenido.

En el (gráfico 3), se mostró la dispersión de los valores de Pb en los 4 terrenos. Se observó que la mayor dispersión de Pb se presentó en el terreno B, corroborando los resultados obtenidos por espectroscopia de absorción atómica por horno de grafito (Ver tabla 6); esto se puede deber a las características del terreno de cultivo o el sistema de riego. En la Anexo 2, indicó un valor-P que es mayor o igual que 0.05, por lo cual, no existió una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

Por otro lado, se realizó un análisis estadístico del contenido de plomo por zonas de las parcelas (cinco muestras por parcela). En el gráfico 4 se evidenció que, la zona de las cuatro parcelas con mayor dispersión en los valores de Pb es la zona uno, esto puede ser explicado por las características, ubicación y el sistema de riego del terreno.

Los resultados de normalidad indicaron que los valores Pb (mg/Kg) provinieron de una distribución normal con 95% de intervalo de confianza (Ver tabla 9).

El análisis de varianza (ANNOVA) mostró que el valor-P de la razón-F es mayor que 0.05, no existiendo una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre la media de Pb (mg/Kg) entre un nivel de zona y otro. Esto significó que la cantidad de Pb en las muestras por cada zona de los terrenos no presentó diferencia significativa (Ver tabla 10). Para corroborar lo descrito anteriormente, el análisis de Tukey evidenció que los grupos

homogéneos son iguales. Significando que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel de confianza del 95.0% (Ver tabla 11).

En la tabla 12 se evaluó la hipótesis de que la desviación estándar de Pb (mg/Kg) fue la misma (De particular interés es el valor-P). Puesto que el valor-P fue mayor o igual que 0.05, no existió una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar dentro de cada una de las cinco zonas de las parcelas. Significando que, los valores fueron estadísticamente válidos.

Para Carujo Jiménez & Otros (2013), en su investigación denominada Determinación de la absorción de Plomo en Vegetales por la Universidad de la Salle en México, tuvo como objetivo que la producción agroalimentaria no es inmune a la contaminación de los suelos y de las capas freáticas, y a la contaminación atmosférica, que contribuyen de forma importante a la presencia de contaminantes en los alimentos, desde su lugar de producción hasta la mesa del consumidor. Debido a esto los metales pesados, los hidrocarburos cíclicos y policíclicos, las nitrosaminas y otros elementos orgánicos deben ser objeto de intensa vigilancia, tanto por sus efectos contaminantes generales como por sus efectos fisiopatológicos a mediano y largo plazo. ⁽⁴⁴⁾

El plomo es un metal utilizado en la industria por su resistencia a la corrosión, aunque en realidad es atacado fácilmente en presencia del oxígeno del aire, por ácidos débiles, tales como el dióxido de carbono disuelto en agua, o ácidos orgánicos presentes habitualmente en los frutos o en las preparaciones culinarias derivadas (ácido cítrico, tartárico, málico, etc.) También puede disolverse fácilmente con los ácidos grasos liberados por el enranciamiento de determinados aceites insaturados, como el aceite de oliva (Derache 1990). El 67% del plomo en la sangre de la mayoría de los habitantes adultos de las ciudades deriva de los alimentos, el 20% del agua y el 18% del aire. Este último es el principal contribuyente del contenido de plomo en alimentos

debido a que contamina las superficies y de este modo, se introduce en la cadena alimenticia. La fuente más importante de contaminación por plomo en el aire son los residuos de éste emitidos a la atmósfera originada por los vehículos automotores que utilizan gasolina con plomo ⁽⁴⁸⁾. Evaluar la absorción de plomo en vegetales frescos con espectrofotómetro en la zona rural de México.

Metodología

Preparación de las muestras. Para este estudio se seleccionaron 15 muestras de vegetales frescos consumidos habitualmente por la población mexicana, basándose en la clasificación botánica de Holdsworth (1988): camote y papa (tubérculos); zanahoria, apio y betabel (raíces); champiñones (hongos); tomate, chile, pimienta (frutos y semillas); el lote de maíz (cereal); col, espinaca y perejil (hojas); y cebolla y ajo (tallos) ⁽³⁴⁾.

Se adquirió un kilogramo de cada vegetal en una tienda de autoservicio, basando la selección en la facilidad de manejo y adquisición. De estos vegetales, se obtuvieron 100 g de muestra representativa por triplicado, los cuales fueron molidos y calcinados en mufla a una temperatura de 550 °C, por un tiempo aproximado de 20 hrs hasta verificar la homogeneidad de las cenizas (en algunas muestras fue necesario agregar ácido nítrico como fundente).

Las cenizas fueron disueltas en 5 ml de ácido clorhídrico y se agregaron 100 ml de agua destilada en constante agitación (pH alrededor de 1). Se tomó una alícuota de 50 ml y se añadieron 0.5 ml de HN03 y 0.5 ml de peróxido de hidrógeno. Se evaporó hasta sequedad y se disolvió el residuo en aproximadamente 5 ml de HN03 diluido (1:9). Se ajustó el pH (3- 6) con solución de hidróxido de amonio 0.1N. Y se aforó a 50 ml con agua destilada (se filtró cuando la solución presentó turbidez).

Determinación de plomo.

Este análisis se basa en que, en soluciones alcalinas, los iones Pb reaccionan con el 4(2-piridilazol) resorcinol (PAR) para formar un complejo rojo que es determinado espectrofotométricamente. La longitud de onda a la cual este complejo tiene una

mayor absorbencia es de 525 nm. El rango de medición va de 0.1 a 5.0 mg/l Pb (método 14833 Merck Co.). En las celdas de reacción se añadieron 5 gotas de cloruro de hidroxilamonio y se agregaron 5 ml de la muestra previamente preparada. Cada muestra se agitó y transfirió a una celda para espectrofotómetro. Inmediatamente se realizó la lectura a 525 nm.

Preparación de la curva de calibración. A partir de una solución estándar de plomo de 1000mg/litro, se realizaron las respectivas diluciones para obtener concentraciones entre 0.1 y 5.0 mg/litro. Se tuvo los siguientes resultados: Los datos obtenidos en la curva de calibración se muestran que si hay relación entre las $Abs = 0.382(C) + 0.125$, en donde C=concentración $R = 0.98$. Determinación de plomo. Debido a que la concentración real de Pb presente en los vegetales resultó ser mayor a las lecturas obtenidas en la curva estándar, se realizaron una serie de diluciones para respetar la ley de Beer. El contenido de metal en porcentaje en peso presente en cada vegetal se calculó de la siguiente manera: % plomo = (mg Pb/litro)/2000 donde: % plomo = expresado como g Pb/100 g vegetal; mg Pb/litro = valor extrapolado en la curva patrón Si el % de plomo se expresa en partes por millón, se tiene: ppm = (mg de Pb/litro)(5) = mg Pb/ kg vegetal donde: mg Pb/litro = valor extrapolado en la curva patrón.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 13. Las muestras fueron clasificadas con el objeto de realizar una comparación en base a las características morfológicas y las condiciones de cultivo de cada vegetal.

Una de las fuentes de contaminación más importante es la que se da por el aire; por lo tanto, los vegetales que se cultivan sobre la superficie de la tierra presentan un mayor grado de adsorción de plomo, que aquellos vegetales que se cultivan bajo tierra. Tal es el caso de las hojas, tallos y hongos los cuales tienen una concentración elevada de plomo. La col, sin embargo, presenta una adsorción menor. Esto es debido a que ésta se encuentra rodeada de varias capas de hojas que la conforman de manera compacta. Otros estudios (Torija y Martinez 1982, Thornton y Jones 1984, Zurera et al 1987, Bosque et al 1990) confirman lo anterior. El Ij. Jgaren donde han sido cultivados estos vegetales es muy importante, especialmente si el campo de cultivo se encuentra localizado cerca de una

carretera, autopista o complejo industrial. Beaud et al (1982), Syrocka y Zalewski (1984), Weber (1984), Nasralla y Ali (1985) Y Jorhem (1989) han estudiado este efecto en vegetales, señalando que el plomo se acumula en las plantas a través del follaje y las raíces; sin embargo, la adsorción a través de las hojas es más pronunciada en aquellos lugares cercanos a la fuente de emisión de plomo (carreteras o industria). Nasralla y Ali (1985) encontraron en hojas de lechuga y col concentraciones de hasta 78.4ppm en sus partes comestibles, mientras que las acumulaciones más bajas se dieron en zanahorias y rábanos (con un promedio de 3.8 ppm).

Este hecho podría ayudar a explicar los valores elevados de plomo en el perejil, espinaca, ajo y betabel. Sin embargo, no hay pruebas sobre la cercanía del campo de cultivo a alguna carretera o industria importante, ya que las muestras fueron adquiridas en una tienda de autoservicio.

Los tubérculos y las raíces presentaron menor grado de adsorción, ya que se desarrollan bajo tierra y únicamente absorben el plomo que pudiera haber en el suelo, normalmente con una concentración que varía entre 2 y 200 ppm. En suelos urbanos, la concentración de plomo llega a ser muy elevada. Thornton y Jones (1984) han encontrado en cinco ciudades británicas concentraciones que varían entre los 60 y 4,100 ppm. En su investigación, la concentración de plomo en las muestras estudiadas (lechuga y rábano) aumentó con el contenido de plomo en el suelo. Por fortuna, la absorción de plomo a través de las raíces es muy baja.

Concentraciones excesivas de plomo en las plantas pueden causar reducciones en el crecimiento y rendimiento de la planta, y en algunos casos la muerte. Hampp y Lendzian (1974) encontraron que la presencia de plomo en el citoplasma provoca la biogénesis de la clorofila, al inhibir dos enzimas: la α -aminolevulinato deshidratasa y la profobilinogenasa.

En el aspecto toxicológico, la metodología requerida para valorar el grado de exposición al plomo se basa en la medición de su concentración en la sangre. Los valores límites escogidos por convención son: A nivel individual valores de 35

µJg/100mi de sangre. - A nivel colectivo los tres valores siguientes: percentil 50 (media): 20 µJg/100mi percentil 90: 30 µJg/100 mi percentil 98: 35 µJg/100mi.

Estos niveles de plomo incluyen las diferentes dosis recibidas por el organismo, durante un periodo anterior reciente, aproximadamente de 6 a 8 semanas, considerando al mismo tiempo las distintas vías de entrada de este metal.

Por su parte, la OMS ha estudiado la absorción de plomo a través de la vía digestiva, estimando que una ración alimentaria diaria que incluya 100 µJgde plomo representa un incremento de 10 µJQ/100 mi de sangre en los niveles de plomo del individuo (Derache 1990).

Kaferstein y Klein (1980) han encontrado que la limpieza general de frutas y verduras puede reducir el contenido de Pb hasta en un 50% y recomiendan estas medidas previas al consumo de estos alimentos.

Tabla 13

Comparación en base a las características morfológicas y las condiciones de cultivo de cada vegetal

Muestra	Ppm Pb	Des. Estándar
Hongos:		
Champiñones	0.734	0.2365
Tuberculos:		
Camote	0.721	0.1015
Papa	0.8335	0.096
Raices		
Zanahoria	2.7245	0.5085
Spio	2.0705	0.3485
Nrysnrñ	10.1475	3.072
Frutos y semillas		
Tomate	1.0185	0.22
Chile	3.776	0.446
Pimiento	4.9016	0.821
Cereales		
Maíz	5.43	0.355
Tallos		
Cebollas	7.0365	0.133
Ajos	11.044	0.369
Hojas		
Col	3.879	0.5215
Espinaca	9.3625	1.407
Perejil	7.3625	3.345

Fuente: Corujo & Otros

8. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una concentración de plomo media de 0.108 ppm, siendo como mínima de 0.031 ppm y máxima de 0.186 ppm en muestras de maíz (*Zea mays*) de la cuenca del Río San Juan.
- El 50% de las muestras analizadas superan los límites máximos permitidos indicado por el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014 (0.1 ppm).
- Mediante ANOVA, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de plomo de las muestras de maíz, de los 4 lugares muestrados de la provincia de Chincha.
- El promedio estadístico obtenido de las muestras de maíz (*Zea mays*) analizadas es de 0.108 ppm, por lo tanto se concluye que supera los límites máximos permitidos por CODEX STAN 193-1995 Revisión 2014 (0.1 ppm).

9. RECOMENDACIONES

- A los poblados aledaños a la cuenca del Río San Juan en Chíncha-Perú, establecer un periodo de análisis de plomo (Pb) de las cosechas de maíz, ya que existe un riesgo de bioacumulación, debido a la contaminación del ambiente y actividad humana.
- A la universidad, realizar estudios de determinación de metales pesados en los alimentos sembrados y comercializados en el Perú, con el fin de aportar gradualmente con información respecto a la contaminación que se pueda tener en nuestro país
- Al investigador, realizar estudios de investigación de concentración de otros tipos de metales pesados en otros tipos de alimentos.
- Tratar de planificar la colocación de siembra y recolección del maíz fuera del cauce y/o explotaciones mineras como industrias base que emiten derivados de plomo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lopez L. Cultivos Herbáceos España: Mundi; 1991.
2. Waisberg MJPHBBD. Molecular and Celular Mechanisms of Cadmium Carcinogeneis : Toxicology; 2013.
3. Alberto AD. Normas y Valores de Metales Pesados en los Alimentos en Varios Países e Instituciones. Caticie de Valencia Secretaria de Estado de Comercio. 2014; 1: p. 145.
4. OMS. Organización Mundial de la Salud Criteria , editor. Lima: Enviroment Health; 1980.
5. Molina C ICGF. Proceso de Biomagnificacion de Metales Pesados en un lago Hiperhalino (Poopó, Ouro, Bolivia): Posible Riesgo en la Salus de Consumidores. Ecologia.; 2013.
6. Hernandez A HA. Uso de Plaguicidas en dos zonas agricolas de México y Evaluacion de la Contaminación de Agua y Sedimentos. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental. 2012;; p. 115-127.
7. Abrahams PW. Soils: Theier Implication to Human Health. Science of the Total Enviroment. 2012;; p. 1-32.
8. Santos EE, Lauria DC, Porto DA, Silveira CL. Assesment of Daily Intake of Trace Elements Due to Consumption of FoodStuff by Adult Inhabitants of Rio de Janeiro City. Sience of the Total Enviroment. 2012;; p. 327-349.
9. Andina. andina.pe. [Online].; 2018 [cited 2019 mayo. Available from: <https://andina.pe/agencia/noticia-consumo-maiz-amarillo-duro-acumula-cinco-anos-crecimiento-consecutivo-720192.aspx>.
10. Olivares Rieumont S GCDLCLSSILCAPÁP. Niveles de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc en Hortalizas Cultivadas;. 2013.
11. LABS. ELE. [Online].; 2017. Available from: <https://agqlabs.co/2017/03/20/analisis-de-metales-pesados/>.
12. Importancia. Importancia. [Online].; 2020 [cited 2020 04 05. Available from: <https://www.importancia.org/maiz.php>.
13. Pinzón C . Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia; 2015.
14. Takhtajan A . Outline of Clasification of Flowering Plantas (Magnoliophyta). The Botanical Reviv. 1980.
15. Argentina. E. Maíz La Enciclopedia de ciencias y tecnologia Argentina. Enciclopedia Argentina.. 2013.
16. Shimada AM . Nutricion Animal.: Trillas. ; 2005.
17. JM. C. Heavy Metals in Food:Food Toxicology, Part B: Contaminents and Additives. Dekker.; 2009.
18. Garcia J MJPELB. Genotoxic Effects of lead: An Updated Review. Enviroment International.; 2012.
19. Londoño-Franco LF LMPMGF. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana y Animal. 2016 Diciembre; 14(2).

20. Yllanes P VAALLA. Efectos Fitotoxícos del Plomo en Maíz Híbrido dekalb (zea mays l.) en Suelo Arenoso y Limoso.. 2006.
21. flyers. lIie. [Online].; 2010. Available from: http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/lead_in_enamel_flyers-es.pdf.
22. Control. AFTSAD. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EEUU. 2011;. 2011;; p. 2699.
23. Heike B . In Heavy Metals in the Enviroment:. Origin Interaction and Remediation. 2005..
24. Introducción al Estudio de la Contaminación del Suelo por Metales Pesados. [Online].; 1999 [cited Universidad Autónoma de Yucatán. Available from: https://books.google.com.pe/books/about/Introducci%C3%B3n_al_estudio_de_la_contamina.html?id=yE2Jq3z7ex4C.
25. World Health Organization. Inorganic Lead: Enviromental Health Criteria. 2005;; p. 165.
26. Poma A P. Intoxicación de plomo en humanos. Anales de la facultad de medicina. 2008; 69(2).
27. Mcrill C, Boyer LV, Flood TJ, Ortega L. Mercury Toxicity Due to the Use of a Cosmetic Cream. Journal of Occcupational and Enviroment Medicine. 2013;; p. 4-7.
28. Rey-Crespo F, Miranda M, López-Alonso M. Essential Trace and Toxic Elemnt Concentration in Organic and Conventional Milk in NW (Spain). Food and Chemical Toxicology. 2013;; p. 513-518.
29. Tavakoly B, Sulaiman AH, Monazami GH, Salleh A. Assesment of Sediment Quality According to Heavy Metal Status in the West Port of Malaysia. Engineering and Technology. 2011;; p. 633-637.
30. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática.. [Online].; 2018. Available from: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-maiz-amarillo-duro-aumento-374-en-diciembre-de-2017-10604/>.
31. ONU. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.. [Online].; 2017. Available from: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>.
32. Control. AFTSAD. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EEUU. [Online].; 2011.
33. Londoño-Franco LF LMPMGF. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana y Animal. Scielo. 2016 Diciembre; ; 14(2).
34. Mañay N, Clavijo G, Díaz L. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. In.; 2009. p. 79-80.
35. Mañay N, Clavijo G, Díaz L. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. In.; 2009. p. 79.
36. mariecuriesnews.wordpress.com. MarieCuriesNews. [Online].; 2014 [cited 2019 septiembre 16. Available from: <https://mariecuriesnews.wordpress.com/tag/espectrometria-de-masas/>.

37. Bernex N ,YK. Aporte de la percepción al diseño del Instituto Científico del Agua-ICA. Summa Humanitatis. 2017; 9(1): p. 1-38.
38. JM. LM. Comparación de más de dos muestras independientes: análisis de varianza (ANOVA) y alternativas. 2009.
39. Waisberg, M, Joseph P, Hale B, Beyersman D. Molecular and Celular Mechanisms of Cadmium Carcinogeneis. Toxicology. 2013;; p. 95-117.
40. EAGQ LABS. EAGQ LABS. [Online].; 2017 [cited 2019. Available from: <https://agqlabs.co/2017/03/20/analisis-de-metales-pesados/>.
41. <https://www.importancia.org/maiz.php>. [Online].; 2018.
42. Londoño-Franco LF LMPMGF. Scielo.. 2016 Diciembre; 14(2).

10. ANEXOS

ANEXO 1: Resumen de análisis de ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	Razón-F	Valor-P
Entre-grupos	0.0185121	3	0.00617072	6.32	0.0049
Intra-grupos	0.0156104	16	0.00097565		
Total (Corr.)	0.0341225	19			

ANEXO 2: Prueba de Tukey HSD

Terrenos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
C	5	0.0744	X
A	5	0.0824	X
B	5	0.1082	XX
D	5	0.1524	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A - B		-0.0258	0.0565454
A - C		0.008	0.0565454
A - D	*	-0.07	0.0565454
B - C		0.0338	0.0565454
B - D		-0.0442	0.0565454
C - D	*	-0.078	0.0565454

*Indica una diferencia significativa.

ANEXO 3: Desviación estándar de Pb (mg/Kg) dentro de cada uno de los 4 niveles de Terrenos.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.0206712	0.0384213	0.289459	0.2571
A / C	0.0206712	0.0313097	0.435887	0.4410
A / D	0.0206712	0.0319186	0.419415	0.4207
B / C	0.0384213	0.0313097	1.50587	0.7013
B / D	0.0384213	0.0319186	1.44896	0.7281
C / D	0.0313097	0.0319186	0.96221	0.9711